

氏 名	エネスク ボグダン ドゥミトゥル Enescu Bogdan Dumitru
学位の種類	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2769 号
学位授与の日付	平成 16 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科地球惑星科学専攻
学位論文題目	Temporal and Spatial Variation Patterns of Seismicity in Relation to the Crustal Structure and Earthquake Physics, from the Analysis of several Seismic Sequences in Japan and Romania (日本およびルーマニアにおける地震系列の解析による地震活動の時空間変化パターンとその地殻構造および地震の物理過程との関連)
論文調査委員	(主査) 教授 伊藤 潔 教授 梅田 康弘 教授 竹本 修三

論 文 内 容 の 要 旨

地震活動を表す統計的パラメータは規模別頻度分布の係数、 b 値、余震の減衰を表す大森公式の p 値などが知られている。これらの値の時空変化に関する研究がこれまでになされてきているおり、大地震の破壊過程、あるいは地下構造と結びつけて議論されている。また、これらのパラメータの時間変化については、大地震発生の予測可能性を議論するための基礎として多く用いられている。本論文においては、日本とルーマニアにおける地震系列について、地震活動のパターン変化を上記のパラメータを含む種々の手法によって検出し、地震の物理的な過程との関連を考察している。論文は2つの主要部分からなっている。前半においては、地震系列の統計的性質を詳細に調べ、応力変化との関係を議論している。後半においては予測可能性の検証のために、地震の発生間隔について、ウェーブレット解析を導入して、マルチフラクタル解析を行い、実際の時系列及びシミュレートした時系列について予測可能性を調べている。申請論文では、まず最初に1995年兵庫県南部地震について、その発生前約30年にわたる微小地震観測のデータおよび気象庁による中小地震観測データを統合して用い、地震活動、 b 値およびフラクタルディメンジョンについて調べた。地震数の変化については、余震など地震のクラスターを除去することによって、地震活動の変化を統計的により明瞭に検出し、本震前に2-3年間にわたる明瞭な全長的变化を見出した。この変化は b 値の増加に対応することもわかった。また、本震直前の半年間には地震活動は増加に転じ、これらの変化はフラクタルディメンジョンの減少、地殻変動など他の全長的变化に対応することもわかった。これらを説明する物理モデルとしてはダイラタンシーが適当であることを指摘している。つづいて、2000年鳥取県西部地震の直後の地震活動を解析し、 b 値と p 値の大きい地域が本震の大きなすべり破壊地域に対応することを見いだした。この地域は本震の約10年前から前駆的地震活動が見られ、やや大きいM5クラスの地震のたびに、 b 値と p 値が増大していることもわかった。一方、本震の際に新たに破壊した地域は小さな b 値と p 値を示した。これらは、破壊によって、断層が滑りやすく変化していったことを示している。さらに、1998年飛騨山脈の群発地震系列の解析を行い、地震活動の移動と応力の関係を調べている。地震の震源をダブル・ディファレンス法によって精密に決定し、18個のM4クラスの地震群の破壊方向を調べ、クーロン破壊関数による応力変化との関連を調べている。その結果、M2.0以上の地震は応力が増加する地域で発生したことを見いだした。また、地震活動は南から北へと移動したが、 b 値は北では南より有意に小さく、大きなストレスに対応すると考えた。上記のように、地震活動のパターンの変化を統計的パラメータによって検出し、応力など地震の物理過程との関連を論じている。以上の地震系列は、ランダム過程ではなく、予測可能性を示している。さらに、別の統計的手段で地震の予測可能性について調べるため、全く性質の異なるルーマニアのブランチャ地域の中深発地震のマルチフラクタル解析を行っているが、この地震活動が大小2つのフラクタルスケールを持つことを新たに見いだしている。また、余震を除いた時系列のカオス解析の結果、この地震系列はnon-deterministicなランダム過程であることを見いだしている。つづいて、実際および人工の地震の時系列について、ウェーブレット法に基づく解析を行い、地震活動についてのパターン変化を検出するための手がかりを

見出し、この方法を空間分布に拡張することによって、地震活動のパターン変化を検出する可能性を示した。

論文審査の結果の要旨

大地震の予測には地震活動の複雑なパターンの変化を検出することが必要である。そのためには地震活動を表す統計的パラメータが用いられるが、そのパラメータが地震の物理と結びつくことによって、より正確な予測が可能になる。地震の規模別頻度分布の係数、 b 値などは古くから用いられているパラメータである。しかし、最近の多量のデータ蓄積によって、大地震の発生の際の変化を、時空間的に詳細に調査することが可能になってきている。申請者は多量かつ詳細なデータが得られた地震系列について、パラメータの変化を調査し、統計的な有意性に注意しながら、大地震に伴う変化を検出している。さらに、それらと応力変化など地震の物理との関連を論じている。まず、最近の大地震ではもっともデータが充実している1995年兵庫県南部地震について、震源域を含むやや広域の地震活動を解析し、地震数が本震の2-3年前に有意に減少し、半年前に増加したことを確かめている。この際に京都大学で取得してきた微小地震のデータと気象庁による中小地震のデータをそれぞれの特性を考慮しながら統合して、より精度の高いパラメータの算出を行っている。大地震は少ないので、このような詳細な調査は今後の研究にとって貴重な事例となる。また、この地震数の変化は b 値の変化と対応している。半年前からの地震数の変化は、地殻変動連続観測による歪み変化とも対応し、フラクタルディメンジョンの減少とも関連している。これは大地震前に寺院のクラスターが多く発生し、分布が線状に近づいたことと対応する。次に近年ではもっとも余震のデータが充実し、破壊過程が詳細に求められている2000年鳥取県西部地震の余震について、統計的パラメータの解析を行っている。 b 値だけでなく余震の減衰を表す p 値についても詳細に解析する方法を開発し詳細な空間分布を得ている。この地震の特徴は本震の10年ほど前からマグニチュード5程度の地震が継続的に発生しており、この地域で本震が発生し両側に拡大したことである。申請者は本震のすべりが大きい地域では b 値と p 値が大きく、新しく割れた地域では b 値も p 値も共に小さいことを見いだしている。これは応力の変化に対応していると考えられる。さらに、申請者は応力と b 値の関係を調べるために、1998年飛騨山脈における群発地震の解析を行っている。この地震群における最大マグニチュードはM5.3であるが、地震は飛騨山脈を南から北に移動した。申請者はこのことを利用して、大きな地震によるクーロン破壊関数を計算し、M2以上の地震の90%が地震による応力が増加した地域で発生したことを示している。同時に b 値の計算を行い、北部で発生した地震の b 値が南部の地震に比べて有意に小さいことを見だし、 b 値と応力の関係を議論している。このように、詳細な調査の結果、 b 値の変化が応力の変化と対応するという結果は、地震発生過程の研究に重要な示唆を与えるものである。申請者が取り組んだもう一つの課題は予測可能性であり、地震活動を別の統計的アプローチで解析している。上記の地震系列はいずれも予測可能なものであるが、異なった系列としてルーマニア、ブランチャ地域における中深発地震を選んで解析している。この地震群は周囲から独立した60-220kmの深さで発生し、以前の研究で発生間隔はランダムだとされていたものである。地震系列に対するフラクタル解析は多数実施されているが、マルチフラクタル解析はまだ一般的ではない。申請者はその発生時間間隔について、マルチフラクタル解析を行うことによって、余震を含む地震系列と余震を除いた場合ではフラクタルスペクトラムが異なることを見いだした。また、地震活動のマルチフラクタル解析に初めてウェーブレット法を導入することによって、浅発地震と中深発地震系列に対するマルチスペクトルの相違を検出できることを示した。この新しい解析法は地震の空間分布ばかりでなく、さらに広範なデータの分布パターンの詳細な解析を可能にするものとして評価される。

上記によって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認めた。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。